

建築鋼構造物の狭開先溶接工法の研究

著者	松本 正巳
号	431
発行年	1978
URL	http://hdl.handle.net/10097/11380

氏 名	まつもと まさみ 松 本 正 巳
授 与 学 位	工 学 博 士
学位 授 与 年 月 日	昭 和 5 4 年 3 月 7 日
学位授与の根拠法規	学位規則第 5 条第 2 項
最 終 学 歴	昭 和 3 3 年 3 月 岩手大学工学部金属工学科卒業

学 位 論 文 題 目 建築鋼構造物の狭開先溶接工法の研究

論 文 審 査 委 員	東北大学教授 小林 卓郎	東北大学教授 大平 五郎
	東北大学教授 内山 和夫	東北大学助教授 桑名 武

論 文 内 容 要 旨

建築鋼構造物の製作に用いられている溶接法は被覆金属アーク溶接、ガス被包アーク溶接及び消耗ノズル式エレクトロスラグ溶接などである。このうちサブマージアーク溶接と消耗ノズル式エレクトロスラグ溶接は、鉄骨構造物の限られた継手にのみ適用されているにすぎず、ガス被包アーク溶接と被覆アーク溶接が圧倒的に多く適用されている。これらの溶接法を用いて完全溶込み溶接継手を意図する場合には、一般に開先角度を設け、比較的広いルート間隔とすることが必須の条件とされている。しかし、構造物が大形化し使用板厚が増大してくると、このような溶接方法では開先断面が大きくなり、溶着金属量が格段に増大する。そのため、溶接作業時間と溶接ひずみの増大となり、これらに伴う派生的な問題が起る。

建築鉄骨の主要な継手は柱と梁の接合部、柱と柱の接合部であり完全溶込み溶接が要求される。また継手の長さは、一般に 200 ～ 400 mm の範囲で比較的短かく、継手数の多いことが建築鋼構造物の特徴であり、製作に当っては溶接作業場所が移動することが多い。これらのことが建築構造物の溶接の機械化が遅れていた大きな理由である。

このような建築構造の特殊性から溶接作業者の技量に依存する溶接施工の現状では管理に限界があり、また能率の観点からも溶接作業の機械化が要望されている。

そこで、本研究では高品質の建築鋼構造の溶接継手が溶接作業者の技量に依存することなく容易に得られる I 形狭開先機械化溶接工法の確立を目的とした。そして、鉄骨構造の継手形式から、

下向・立向及び横向の3姿勢の機械化溶接工法を対象とした。これらの3姿勢溶接工法を確立することができれば、鉄骨構造物の完全溶込み溶接継手をほとんど狭開先継手にすることが可能となり、溶接作業能率と品質向上並びにコスト低減に大きな効果が期待される。

I形狭開先溶接では開先面の溶込み不良の防止が特に重要で、この問題を解決する手段としていくつかの方法が提案されているが、本研究では独自の観点から揺動法に着目し、その確立を意図した。また、I形開先で問題となる溶込み不良の品質確認の手段として超音波タンデム探傷法の必要性和その欠陥評価方法の検討を行った。さらに、これらの研究を基に開発した装置を用い、実際の建築構造物を製作した。

本論文はこれら一連の研究を取纏めたもので全編7章から構成されている。

第1章は「序論」で、本研究の必要性和従来のこの種の工法の開発の経緯ならびにその問題点、さらに本研究で意図した揺動法によるI形狭開先溶接工法の開発の着眼点などを記述した。

第2章の「狭開先溶接に於ける溶接現象」では、I形狭開先溶接工法で最も重要なI形開先面の溶込み不良を防止するために必要な溶接施工条件を、下向・横向及び立向の3姿勢狭開先溶接工法別に、それぞれの対象とする鉄骨構造継手の特殊性を考慮した試験体を用いて実験し、研究で意図した揺動法が効果のあることを実証した。用いた機械化溶接装置は、本研究用に試作したものである。

第2章で明らかにした主要な点は次のとおりである。

- (1) 下向狭開先溶接では単純な正弦波状揺動で、

①開先間隔と揺動幅の関係を次式のようにすることによって溶込み不良を防止し得ることを明らかにした。

$$w = G - 7 \quad (1)$$

ただし、 w : 揺動幅 (mm)

G : 開先間隔 (mm)

②安定した溶込みが得られる開先間隔は7～15 mmの範囲で、揺動なしの場合の7～10 mmの範囲に比して広く、溶込み自身も最大値で約2倍になり、揺動法が安定して実用的であることを明らかにした。

- (2) 横向狭開先溶接では、下向姿勢の場合と異なり熔融金属が下側へ流れやすい現象があるために、揺動形式として単純な正弦波状では安定した溶込みを得る施工条件範囲が狭く実用的でなく、溶接線と直角な線となす角 α を $0^\circ < \alpha < 90^\circ$ の範囲に傾斜を与えた揺動角を利用することが溶込みを良好にする効果のあることを明らかにした。また、揺動サイクル、溶接電流、アーク電圧、溶接走行速度などの溶接施工諸条件から溶込み不良の起らない横向狭開先溶接工法の適正溶接施工条件を明らかにした。揺動なしの場合に比較して、傾斜揺動法を利用することは低電圧及び開先間隔の広い側へ適正施工条件範囲が拡大することを明らかにした。

- (3) 立向狭開先溶接は、T形継手を対象としたもので、基本的にはエレクトロガス溶接方式を選び、開先裏側には鋼製裏あて金、表側には摺動可能な銅あて金を用い、これらの裏あて金と開先面で構成された閉断面に上方からワイヤを送給し継手の下側から上側へとアーク溶接する方

法で、被包ガスは銅あて金の穴を通じて供給するように工夫した。

この方法では裏あて金側のルート部の溶込みと表側ビード表面と貫通材となる母材面とのなす角度が溶接結果を主に左右することが確認された。また、開先間隔方向の揺動幅とその停止位置・停止時間などの諸条件と溶込みとの関係を調べ適正ウィービング条件を設定することによって良好な溶込みを確保し得ることを明らかにした。

第3章は「狭開先溶接に於ける溶接割れ及び気孔の防止」についての記述である。

こゝでは、本研究の狭開先溶接に用いている炭酸ガス被包アーク溶接法の一般的な特徴であるビードの断面が梨の実形状になり易いために起る高温割れの防止条件を調べた。下向姿勢溶接の場合ではビードの左右からはほぼ水平に成長した柱状晶がビード中央部で会合し、その部分では低融点の不純物が偏析しやすく、同時に凝固時に起こる収縮も加わり、いわゆる凝固割れ現象が起ることがある。この種の高温割れはビード高さHとビード幅Wの比 H/W をパラメータとして、その発生傾向を調べ得る。そこで本章では第2章で求めた溶込み不良防止に必要な溶接諸条件内で、高温割れ防止のための適正溶接諸条件を調べた。また狭開先炭酸ガス被包アーク溶接に於ける被包ガス不足による気孔発生問題を探り挙げ、気孔発生を防止するために必要な狭開先溶接用のガスノズルの開発と適正被包ガス流量を調べた。

本章で明らかにした主な点を列挙すると次のとおりである。

(1) 高温割れ防止

- ①開先間隔が広い程割れが起りにくい、下向姿勢で揺動なしの場合では8～14 mmの範囲で高温割れが防止できる。また開先間隔、10 mmとした場合には33～40 Vのアーク電圧範囲で割れを防止できる。ただし、溶接電流：350 A、溶接速度：35 cm/minの場合である。
- ②揺動法は高温割れ防止に有効で、揺動幅が大きい程有効である。
- ③横向姿勢溶接では揺動角度 α を0～60°の範囲で大きくするとビード高さHとビード幅Wの比 H/W 値が小さくなり、高温割れ防止に有効である。
- ④揺動サイクルは30～50 cycle/minの範囲で H/W 値を最小値にできる。
- ⑤溶接電流を高くするほど H/W 値が大となりやすく高温割れが発生しやすい。そのために溶接電流を370 A以下にすることが必要である。
- ⑥溶接速度は遅い程 H/W 値が大となり、溶接速度20 cm/minで高温割れが発生した。そのために溶接速度を25～40 cm/minの範囲にすることが高温割れ防止に有効である。
- ⑦立向狭開先溶接工法に於ては、本研究の実験条件のもとでは高温割れは発生しなかった。

(2) 気孔防止

下向及び横向狭開先溶接工法で用いるガスノズルの構造が気孔の発生に大きく関与することを明らかにし、気孔防止に必要なノズルとして2重ノズル1重シールド方式を考案した。この場合、(2)式に示すように母材開先面と内ノズル内面との相互距離が揺動中に最も小さくなる場合で3 mm以上であれば本狭開先溶接工法の場合に気孔の発生が防止できることを明らかにした。

$$l \geq D/2 - G + 3.5 \quad \cdots \cdots (2)$$

ただし、 l ：母材開先面と内ノズル内面との相互距離 (mm)

D：内ノズルの内径（mm）

G：開先間隔（mm）

次に上記ノズルを用いて風速 2 m/sec の環境下で炭酸ガス流量を 25～100 ℓ/min の範囲で実験し、60～100 ℓ/min の流量範囲で気孔防止ができ、現場的には安全側を選び 70～100 ℓ/min の炭酸ガス流量とすることが気孔防止に有効であることを示した。

第 4 章の「狭開先溶接溶接部の超音波探傷試験方法の検討」では、I 開先面の溶込み不良など I 開先面がそのまま残存する溶接欠陥を探傷するためには、二探触子法によるタンDEM 探傷法の必要性を指摘し、この探傷法による欠陥寸法の評価方法を模擬欠陥試験体を用いて検討した。また、溶接継手に起こる自然欠陥に応用する場合には、欠陥長さの評価では模擬試験体の場合よりも探傷感度を約 1.7 倍と高感度にすることが有効であることを明らかにした。

第 5 章は「狭開先溶接工法による溶接継手の機械的性能」について記述したものである。建築鋼構造物に使用する主要な鋼材である 50 Kg/mm² 級高張力鋼（SM50）を母材とした狭開先溶接継手の引張強さ・伸び・曲げ・衝撃値は母材の規格値を十分満足していることを確認した。また、粗大化組織や著しい硬化組織が認められなかった。これらの性能を有する狭開先溶接継手は建築鋼構造物として十分満足するものと考えた。

第 6 章では「狭開先溶接工法の実用化とその経済性ならびに超音波探傷試験結果」について記述した。すなわち、第 2 章及び第 3 章で得られた知見を踏まえ狭開先溶接工法として必要な溶接諸条件を十分発揮できる諸機能・容量などを有し、現場的に取扱いが簡単に堅牢な装置を前提とした仕様を決定し、各溶接姿勢別の狭開先機械溶接装置を開発製作し、実際の建築鉄骨の工場溶接及び現場溶接に実用化した状況を述べた。

狭開先溶接工法が従来のレ形開先炭酸ガスアーク溶接工法よりも溶接作業能率、溶接ひずみ等の点で優れていることを実継手によって実証すると共に経済性に於ても有利であることを明らかにした。

また、鉄骨構造の工場及び現場溶接継手の拘束度が 1,250～160 Kg/mm・mm の範囲であることを実測して明らかにし、この程度の拘束度を有する継手を狭開先溶接して、その溶接部を第 4 章の知見をもとに超音波探傷試験を行った結果、溶接割れがなく、溶込み不良などの面状欠陥もほとんどなく本狭開先溶接工法が技術的に信頼できることが裏づけられた。

第 7 章は「総括及び結論」であり本研究で明らかにした I 形狭開先溶接工法の確立に至る各章の研究成果について取纏めて記述した。

審 査 結 果 の 要 旨

建築鋼構造物の工場及び現場接合には被覆金属アーク溶接法とガス被包アーク溶接法が多用されているが、最近建築の高層化に伴ない構造材が大形化し、溶接の高能率化及び継手の高品質化が要望されている。しかし、建築構造物では溶接線の長さが比較的短いこと、溶接作業場所が移動すること、あるいは継手開先寸法精度が粗なこと等溶接の機械化による高能率化を阻害する因子が多い。

著者は、建築構造材の大型化に対応し、その溶接を機械化するには、現状ではCO₂ガス被包アーク溶接法によるI形狭開先工法が最適であるとの観点から、その確立を意図して一連の研究を行い、実用化に成功した。本論文はその成果をまとめたもので、全編7章からなる。

第1章は序論で、本研究の目的及び背景を述べたものである。

第2章では、I形狭開先工法で最も難点とされる開先面の溶込み不良を防止するために、開先寸法精度の粗な建築構造物にも容易に使用し得る正弦波状電極揺動法を考案し、下向、横向及び立向姿勢溶接に適用した結果が述べられている。適正な揺動幅を用いると広範囲の開先間隔、溶接条件下で溶込み不良を防止し得ることなど本法の特徴を示している。

第3章では、CO₂ガス被包アーク溶接法をI形狭開先継手に適用した場合に起り易い溶接金属の高温割れ防止対策が述べられ、電極の揺動は溶接金属の凝固組織に影響して、高温割れ防止にも有効であることを明らかにしている。また、溶接金属に発生する気孔を防止するには特殊な狭開先用ガス・シールド・ノズルが必要で、ガス流量も多くする必要があることを指摘している。

第4章では、狭開先工法を確立するには、溶接部の非破壊検査法の確立も必要であるとの見地から、超音波探傷法について検討している。I形狭開先面に発生する溶込み不良を検出するには、二探触子によるタンデム探傷法が必要であるとし、模擬欠陥及び実欠陥のある試験体を用いて試験し、欠陥寸法の評価方法について貴重な指針を与えている。

第5章では、著者の提案した工法による溶接継手の機械的性質及び顕微鏡組織をしらべ、建築鋼構造物の継手として満足できるものであることを示している。

第6章では、第2章及び第3章で得られた知見をもとに、本狭開先溶接工法に必要な諸条件を十分発揮できる機能、容量を有し、現場的にも取扱いが簡単な装置を開発して、実際の建築鉄骨の工場溶接及び現場溶接に適用した結果が述べられている。狭開先溶接の特徴を発揮して、溶接ひずみが小さく、超音波探傷試験でも溶込み不良、溶接割れなどの面状欠陥がほとんど検出されない高品質の継手が、経済的に得られることを示し、本工法が優れたものであることを実証している。

第7章は総括及び結言である。

以上要するに、本論文は建築鋼構造物を対象として、電極揺動法によるI形狭開先機械化溶接工法を確立したもので、開発の過程で得られた知見と開発の成果は金属工学の発展に寄与するところ少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として合格と認める。